

# QU'EST CE QU'UNE SURFACE?

Evelyne Darque-Ceretti

MINES ParisTech, PSL - Research University, CEMEF - Centre de mise en forme des matériaux, CNRS UMR 7635, CS  
10207 rue Claude Daunesse 06904 Sophia Antipolis Cedex, France

# Définitions Larousse

- **Étendue plane, mesure de cette étendue** : Calculer la surface d'un salon.
- **Partie, face extérieure d'un corps, d'un liquide** : Surface raboteuse d'une planche.  
Sous-marin qui remonte à la surface.
- **Niveau du sol ferme de la terre, par opposition au sous-sol**: Spéléologues qui remontent à la surface.
- **Extérieur, apparence des choses** : Ne considérer que la surface des événements.
- **Familier. Position sociale** reconnue ; crédit : Avoir de la surface.
- **Comptabilité** : Ensemble des fonds propres d'une entreprise.
- **Mathématiques**
  - Ensemble de points, limite ou frontière d'une portion d'espace.
  - Image, dans un espace affine  $E$  de dimension supérieure ou égale à trois, d'une partie  $A$  de  $\mathbb{R}^2$  par  $g$ , application de  $A$  dans  $E$ , telle que  $(A, g)$  est une surface paramétrée.

# Définitions Littré

## **1 Extérieur, dehors d'un corps. Toute la surface du corps.**

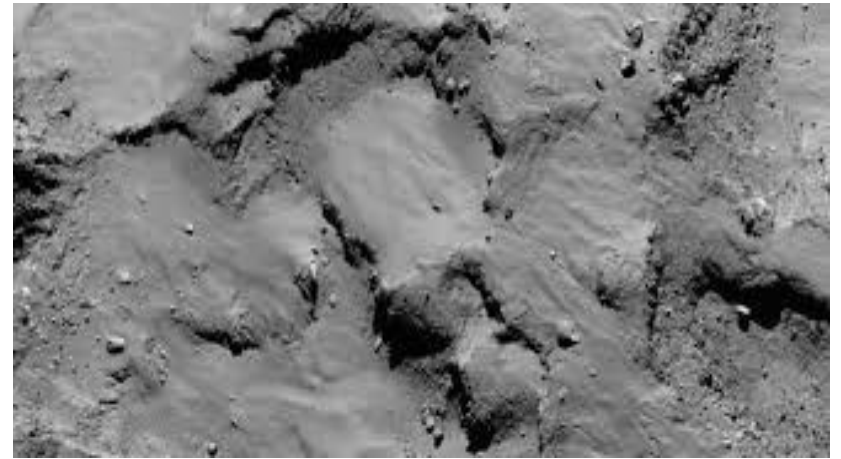
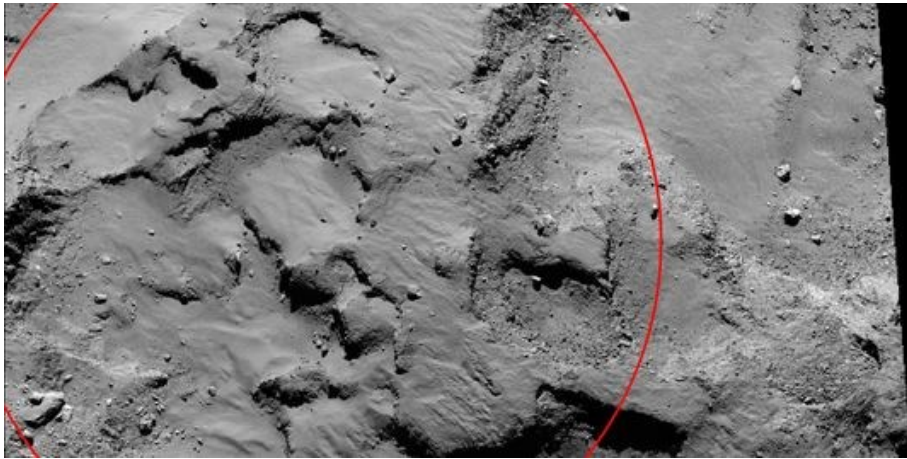
*Fig.* Présenter peu de surface, être peu exposé aux coups, aux attaques, en raison d'une situation petite.

*Fig.* Ressources capables de couvrir une responsabilité.

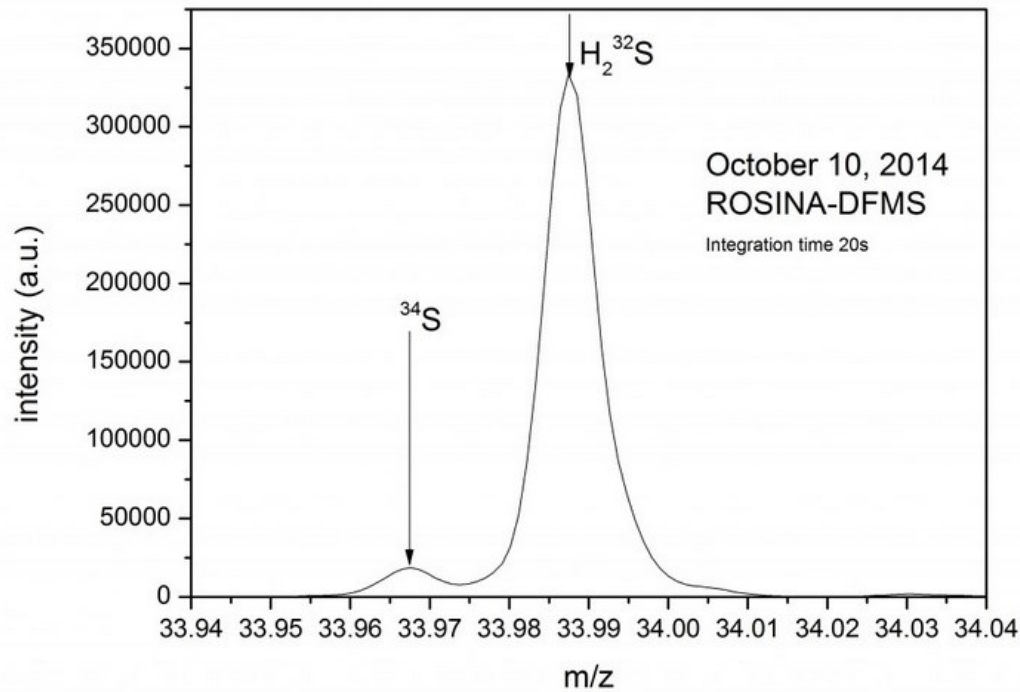
**2 Terme de géométrie.** Ce qui circonscrit les corps ; cet élément de l'étendue est d'abord conçu par l'esprit comme ayant en tous ses points une certaine épaisseur ; si l'on imagine que cette épaisseur aille en diminuant de plus en plus, on obtient, à la limite, la notion de la surface géométrique.

Surface algébrique du 1er, 2e, 3e.... degré, Surface cylindrique...Surface topographique, la surface du sol et toute surface dont la loi de génération est inconnue et qu'une verticale ne rencontre qu'en un point.

## **3 Fig. Apparence que présentent les personnes ou les choses.**



Et quelle surface !



High resolution mass spectrum from ROSINA's Double Focusing Mass Spectrometer (DFMS), taken on 10 October at a distance of 10 km from the comet centre. The plot shows the detection of hydrogen sulphide and the heavier isotope of sulphur, <sup>34</sup>S, which is a fragment of all sulphur bearing species. The plot shows intensity vs. the mass-to-charge ratio\*. Image courtesy K. Altwegg, University of Bern

## The 'perfume' of 67P/C-G

**Surface = interface entre deux milieux**

**Corps solide** toujours en interaction avec un autre milieu( gaz, liquide, solide, source lumineuse ou autre .... )

**Épaisseur ?** Dépend de la propriété étudiée

**Mise en forme**

- “ bonne ” réactivité » , adhésion, mouillage, collage

- “ mauvaise ” réactivité, corrosion, rupture

- traitements de surface

- formation et stabilité des nanoparticules

# INTERACTION AVEC DES LIQUIDES



Surface de béton mise en forme sur un moule PDMS avec des silicones

Matthieu Horgnies , TI(2013) réactivité des surfaces de béton



Exemples de prolifération à base d'algues et de champignons recouvrant des murs en béton

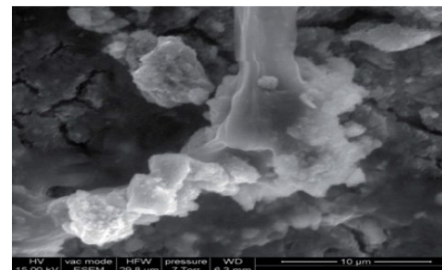
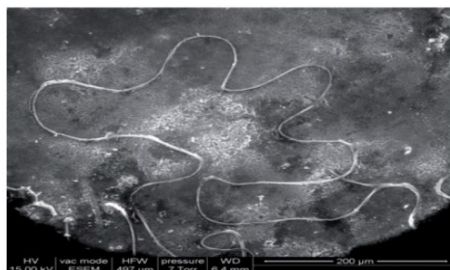


Figure 13 - Images MEB (en mode environnemental) d'une algue filamenteuse *Klebsormidium flaccidum* recouvrant une surface de béton : l'image de droite (b) montre l'enracinement de l'algue dans une zone carbonatée

# PARAMETRES UTILES POUR DEFINIR LA SURFACE

Couleur, effet avec la lumière incidente

Température de « toucher »

Topographie

Composition (surface, extrême surface, monocouche)

Texture ( matériau cristallin, semi-cristallin)

Propriétés mécaniques ( dureté, élasticité, viscoélasticité)

*Aspect sensoriel ( Sensomines)*

# COULEUR

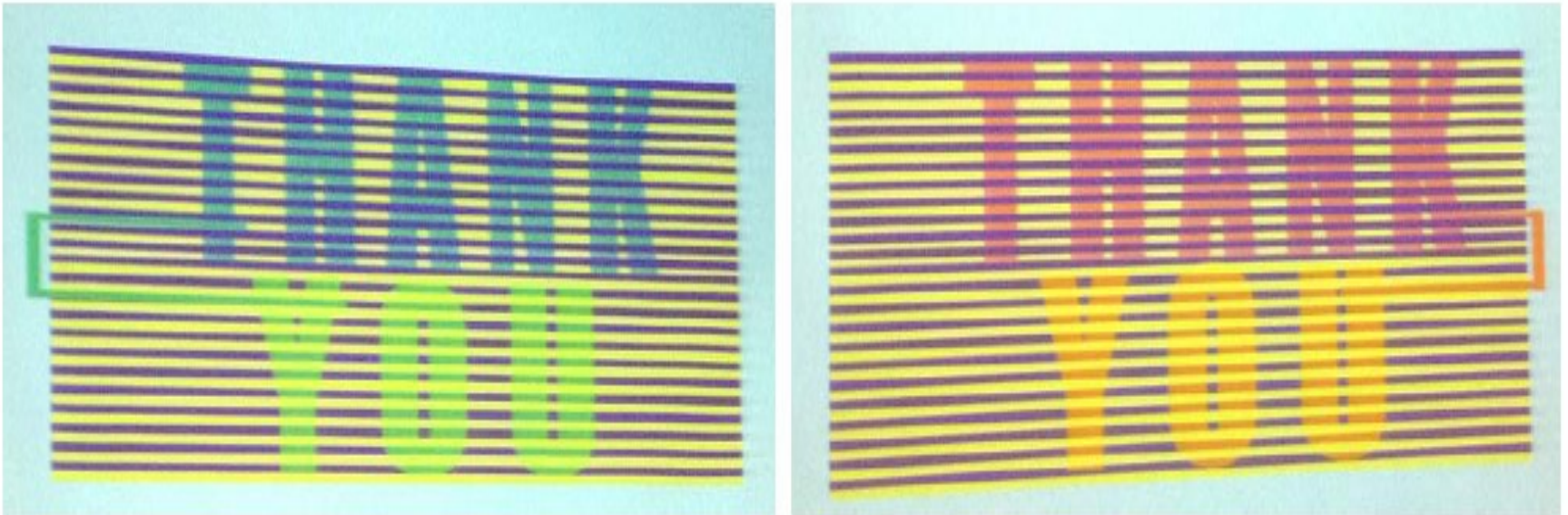
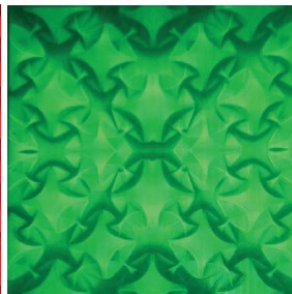


illustration du phénomène d'induction chromatique

S. Shevell, "Principles of color vision revealed by spatial complexity," in *AIC 2012 Interim Meeting - In Color We Live : Color and Environment*, Taipei, 22-25 Septembre 2012, pp. 12-13.



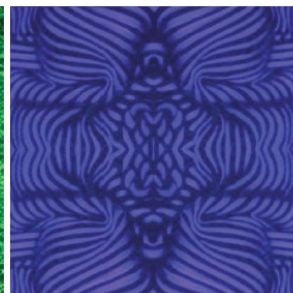
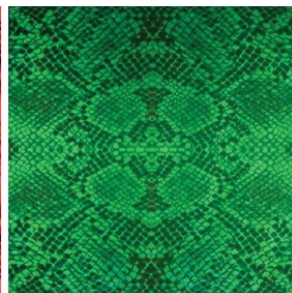
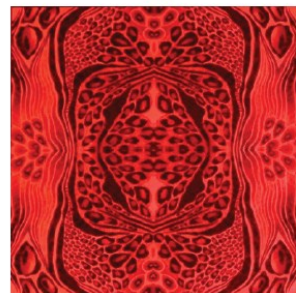
Prototypes de matériaux de sol participatif à l'ambiance lumineuse (observés en lumière blanche) : (a), Origami ; (b), Safari



(a)

(b)

(c)



(d)

(e)

(f)

- Prototype de matériaux de sol participatif à l'ambiance lumineuse (observés en lumières RVB) : (a),(b),(c), Origami ; (d),(e),(f), Safari 11

# TEMPERATURE DE SURFACE RESSENTIE

L'**effusivité thermique** d'un matériau caractérise sa capacité à échanger de l'énergie thermique avec son environnement. Elle est donnée par :

$$E = \sqrt{\lambda \rho c}$$

où :  $\lambda$  est la conductivité thermique du matériau (en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )

$\rho$  la masse volumique du matériau (en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )

$c$  la capacité thermique massique du matériau (en  $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ )

**L'effusivité s'exprime donc en  $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1/2}$ .**

matériau 1, d'effusivité  $E_1$  à la température  $T_1$ , mis en contact avec matériau 2 d'effusivité  $E_2$  et de température  $T_2$ . Quelle est immédiatement après le contact la température de surface des deux matériaux ?

$$T = \frac{E_1 T_1 + E_2 T_2}{E_1 + E_2}$$

Par exemple, si l'on pose la main sur du bois et de l'acier de même température (par exemple 20 °C), l'acier paraîtra plus froid car son effusivité est de 14 000 J·K<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>·s<sup>1/2</sup> et celle de la peau 400. La température alors ressentie par les capteurs de la peau est :

$$\frac{14000 \times 20 + 400 \times 37}{14400} = 20,47 \text{ °C}$$

Par contre, pour le bois d'effusivité de l'ordre de 400 ( PET =560) également, la température ressentie est :

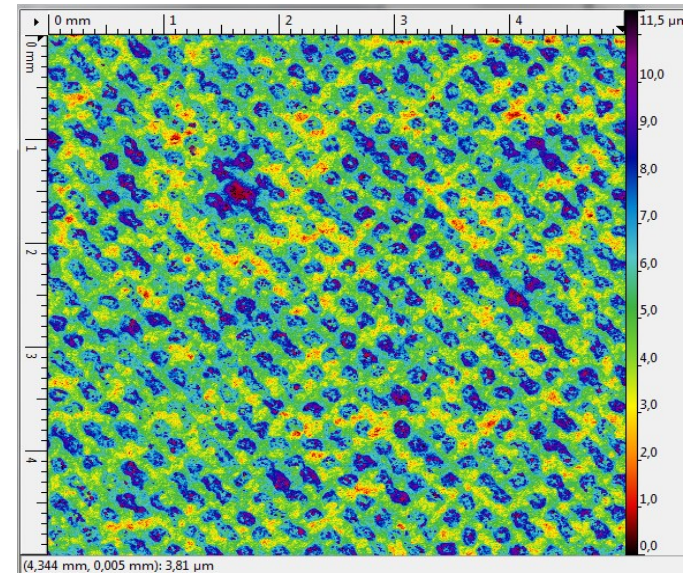
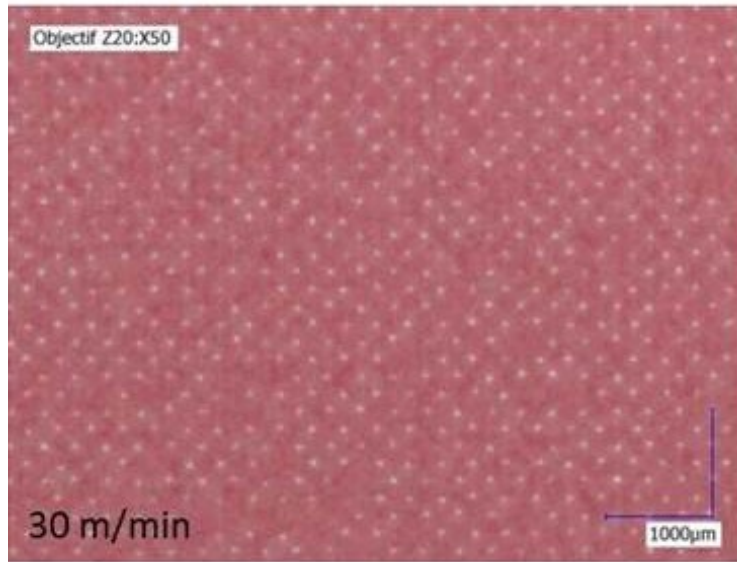
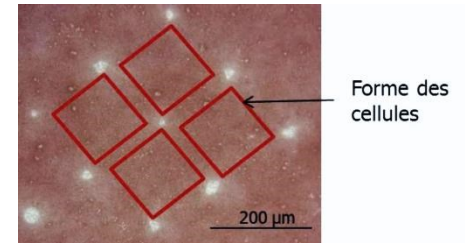
$$\frac{400 \times 20 + 400 \times 37}{800} = 28,5 \text{ °C}$$

**Le bois est ressenti comme une matière « chaude »,** alors que sa température est la même que celle de la pièce, 20 °C.

**Pour le PET , environ 27°C**

# TOPOGRAPHIE

## Impression sur polymère

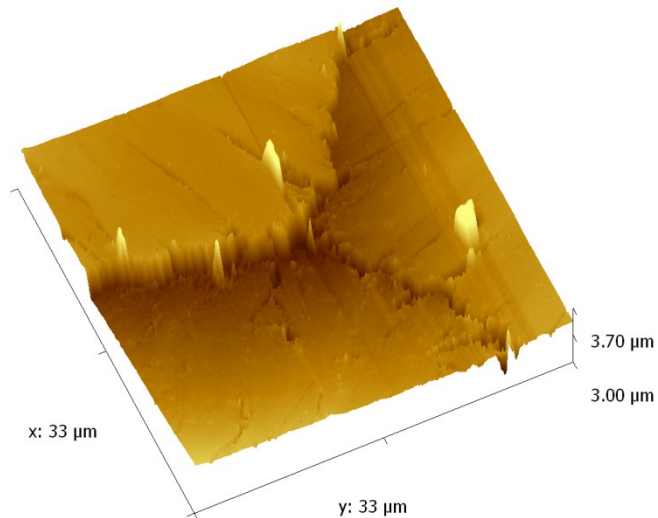


Film de PVC imprimé ,  
observation au MO,

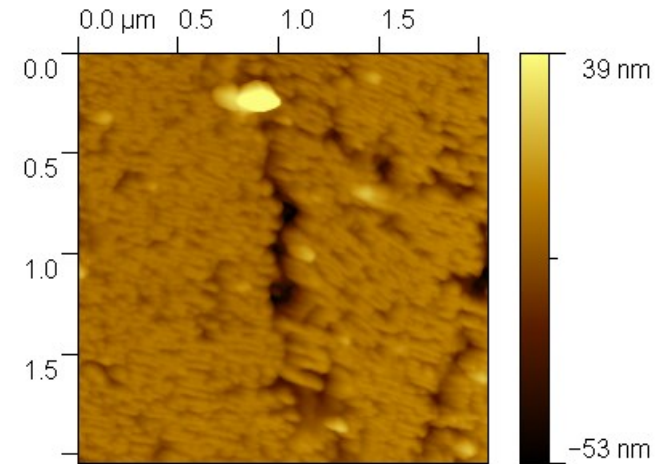
mesure de la rugosité au rugosimètre optique

# Cristallisation d'un polyéthylène

## Contact avec lamelle de verre

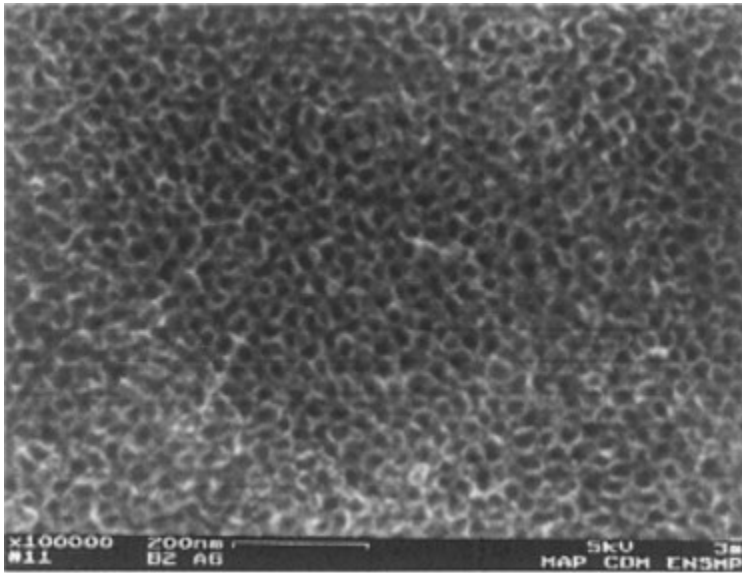


point triple entre sphérolites

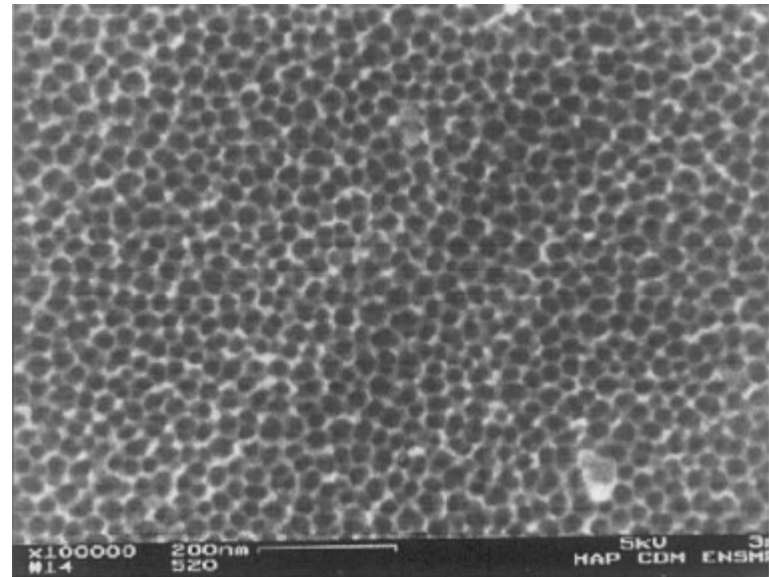


détail sur surface – empilement  
des lamelles cristallines

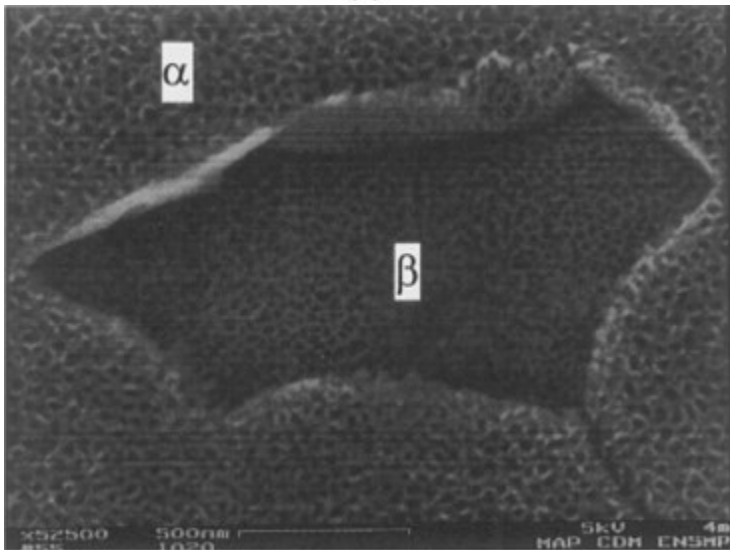
# Anodisation d'alliages de titane



(a)



(b)



(c)

Titane et TA6V anodisés dans une solution CA/HF

Différence entre les phases  $\alpha$  et  $\beta$

(a) Ti, 5 V, 20 min; (b) TA6V, 5 V, 20 min;  
(c) TA6V, 10 V, 20 min.

V Zwillig, M Aucouturier, E Darque-Ceretti *Electrochimica Acta*,  
Volume 45, Issue 6, 1 December 1999, Pages 921-929  
Photos François Grillon



Brooches by Ann Marie Shillito  
laser cut with integral pin,  
then anodised  
1991

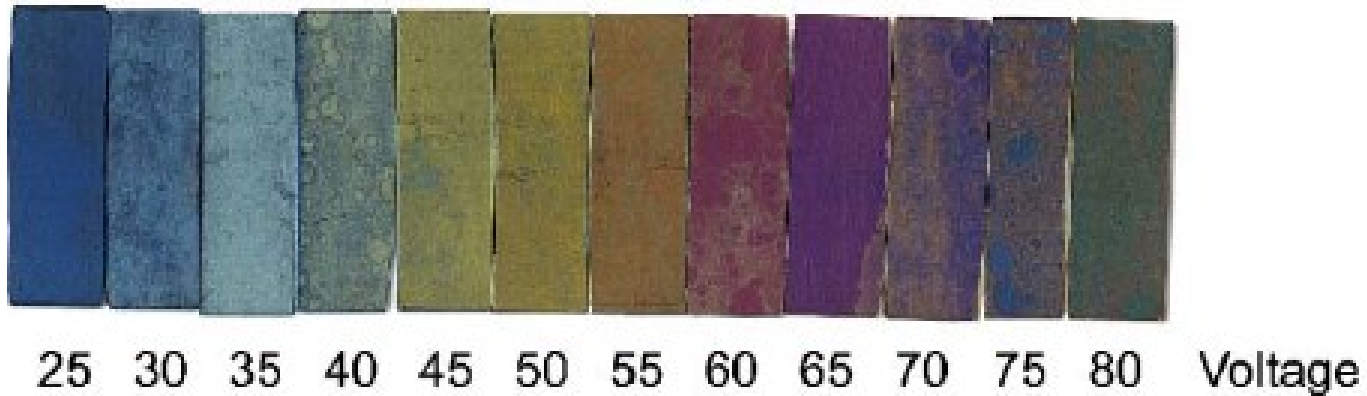


Fig. 4. Anodised samples of unpolished scrap CP Ti.

Anodisation d'un titane de Pureté Commerciale dans une solution de 10% (poids)sulfate d'ammonium dans de l'eau

# Reconstitution moderne de lustres



Copy of Alhambra Vase

<http://www.miguelruizjimenez.com/>

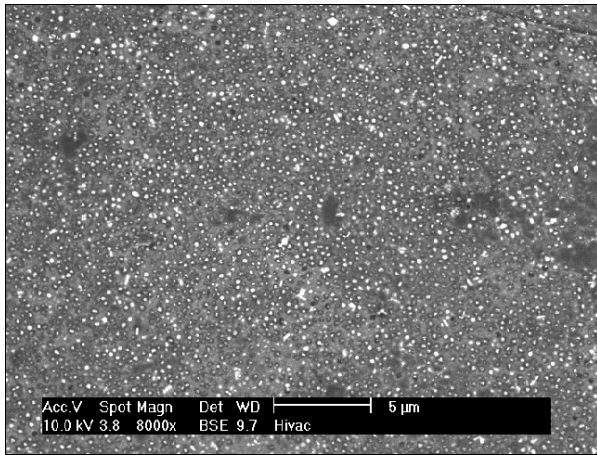


©C2RMF, D. Bagault

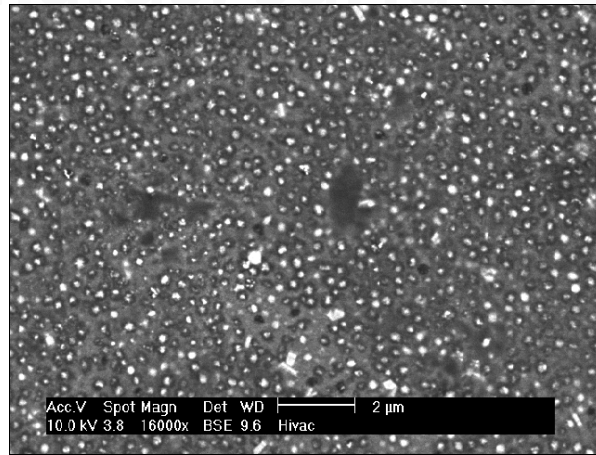


©C2RMF, D. Bagault

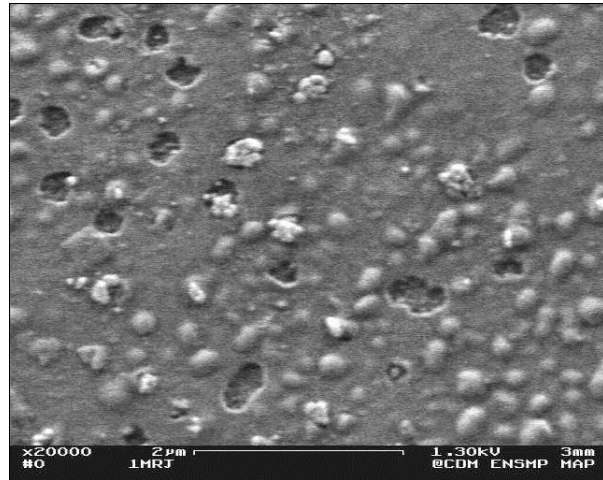
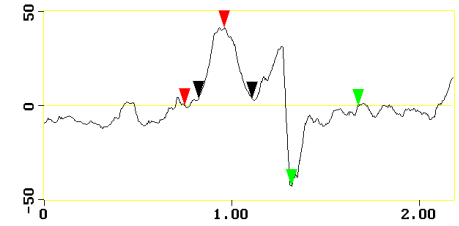
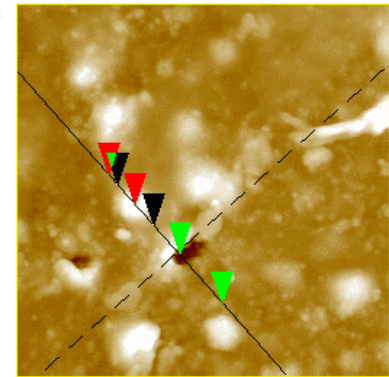
**Travail d'un artisan espagnol**



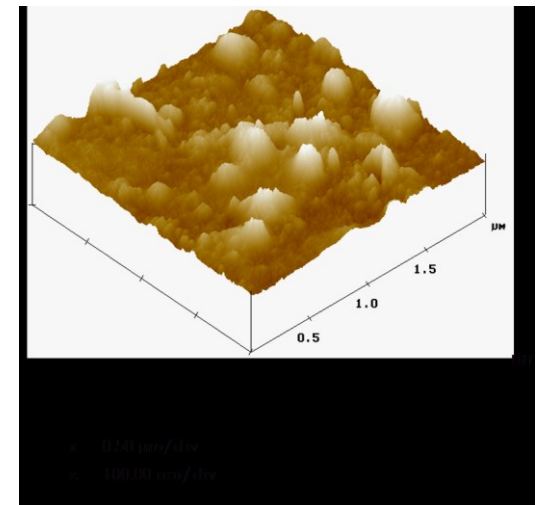
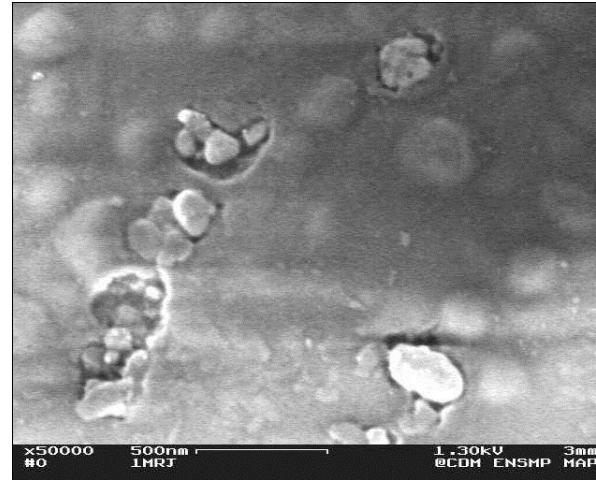
**BSE mode**



**SE mode  
conventional SEM**

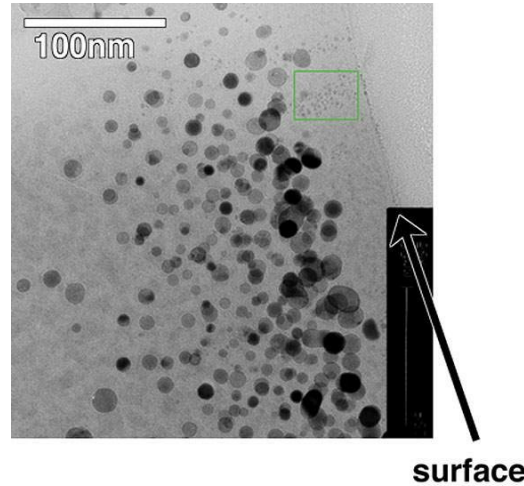
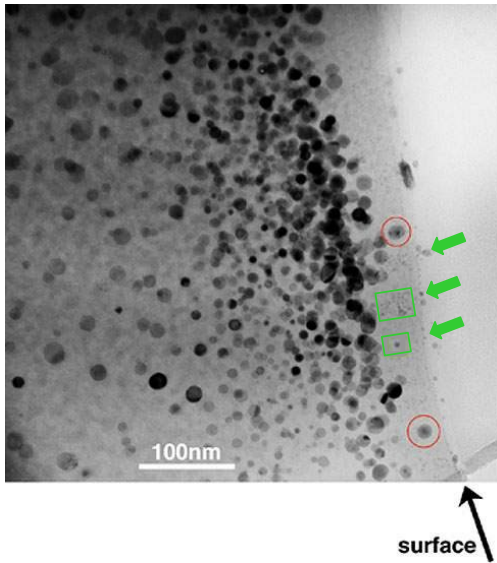
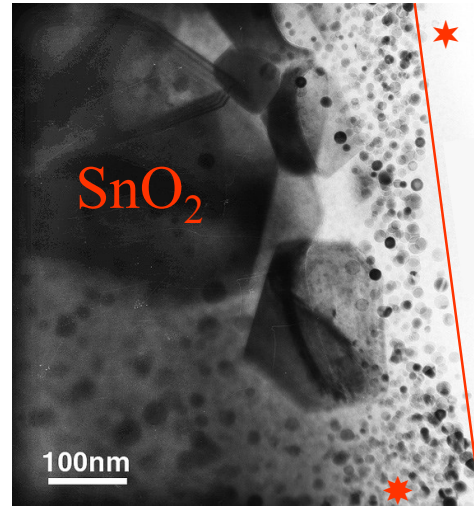
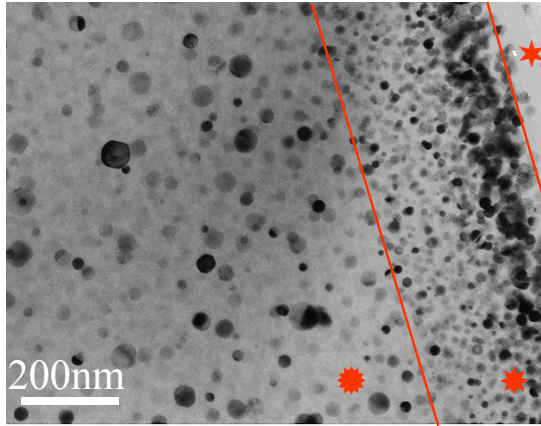


**HR-SEM**, Collaboration F. Grillon, ENSMP



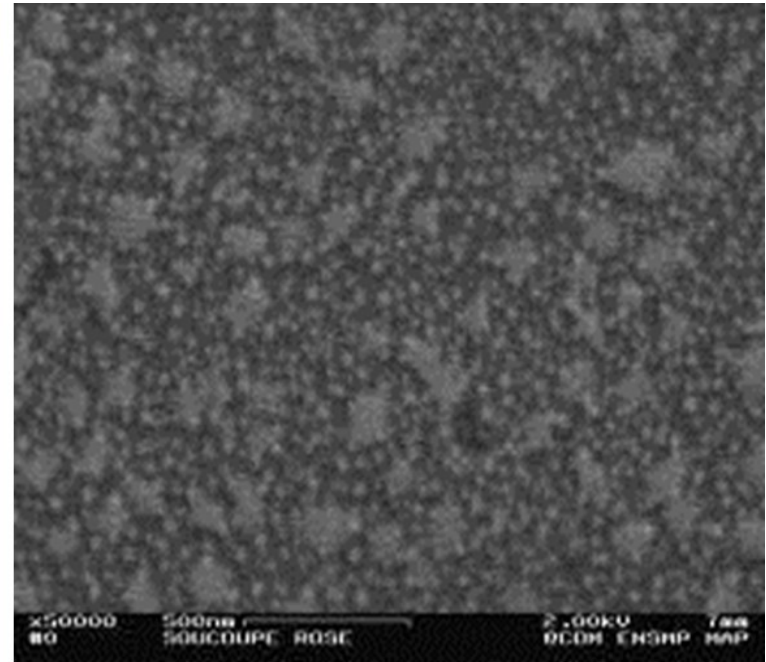
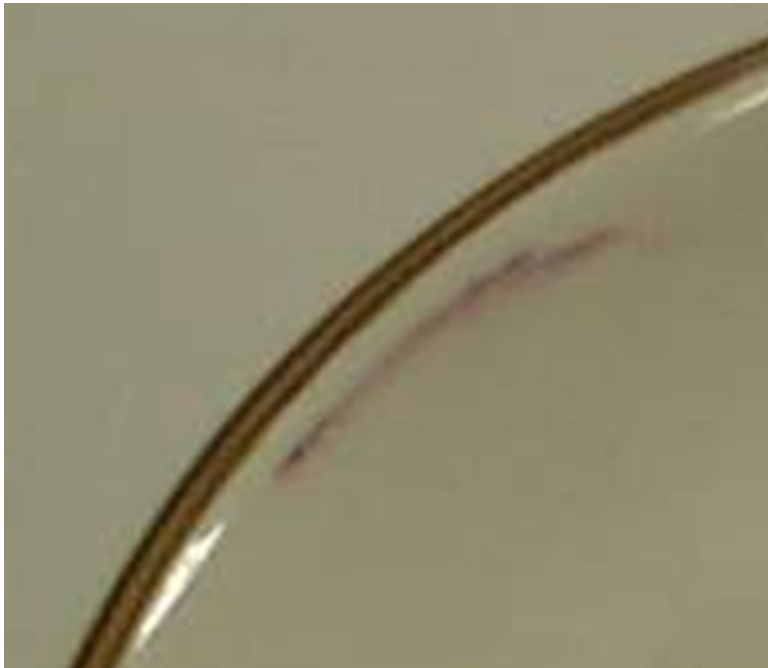
**AFM**

# Modern shards, TEM observation



- Présence de nanoparticules de métal (Ag,Cu) à la surface
- Multicouches avec densité variable ,
- Présence de cristaux de  $\text{SnO}_2$  près de l'interface
- Présence d'une couche vitreuse fine (< 50 nm) près de la surface

# Décor doré sur céramique

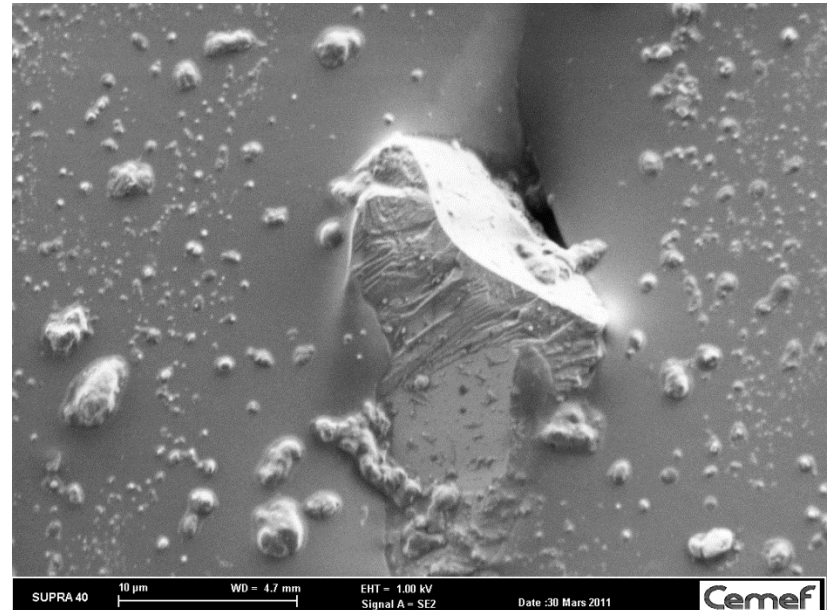
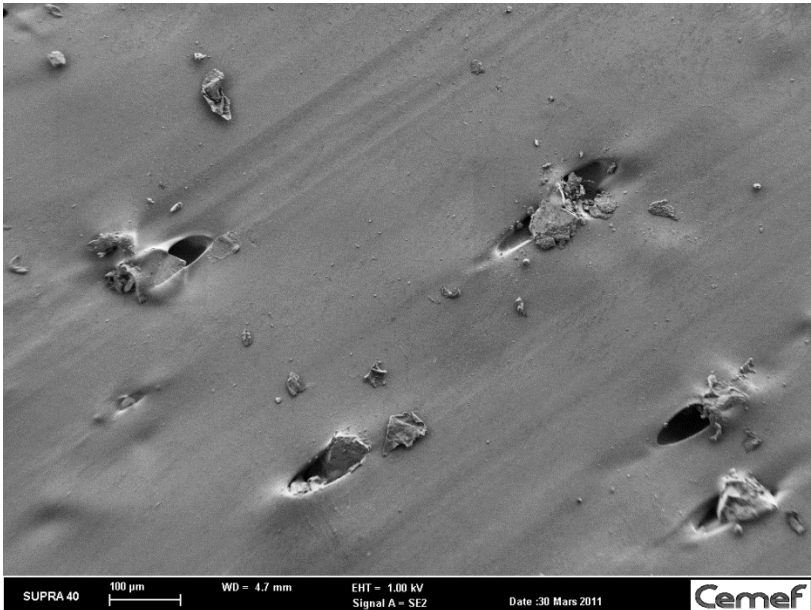


Micrographie F.Grillon

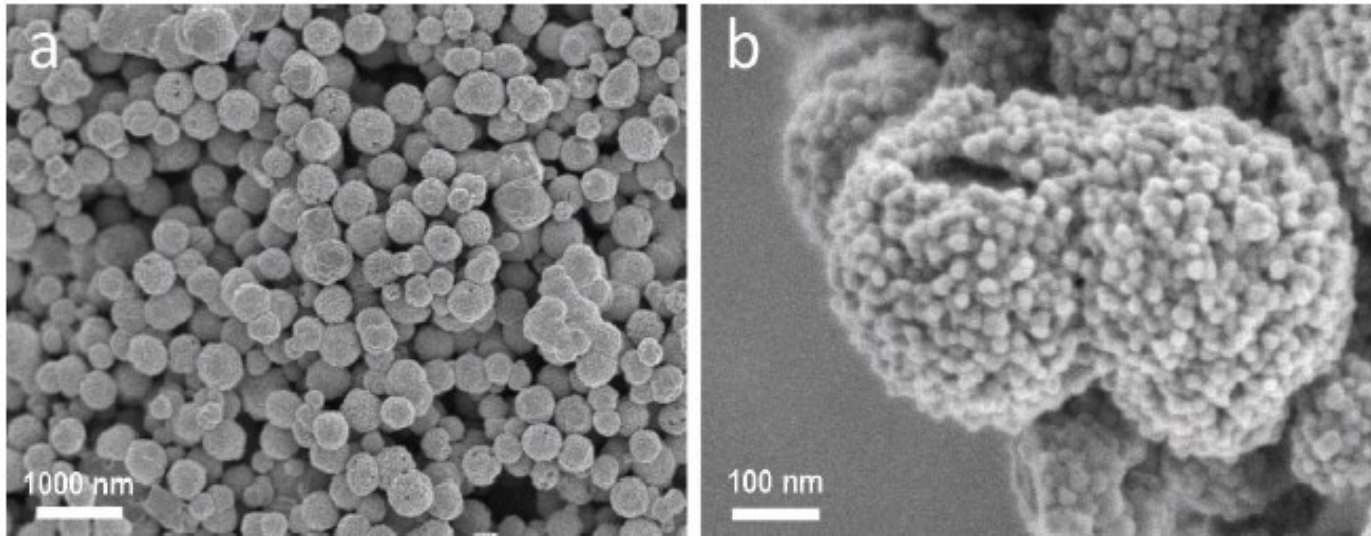
# Calandrage d'un polymère chargé



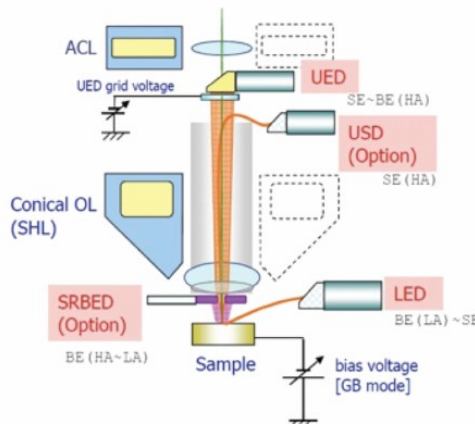
Charge d'alumine



# Exemple de la littérature d'image haute résolution avec LVHR-SEM

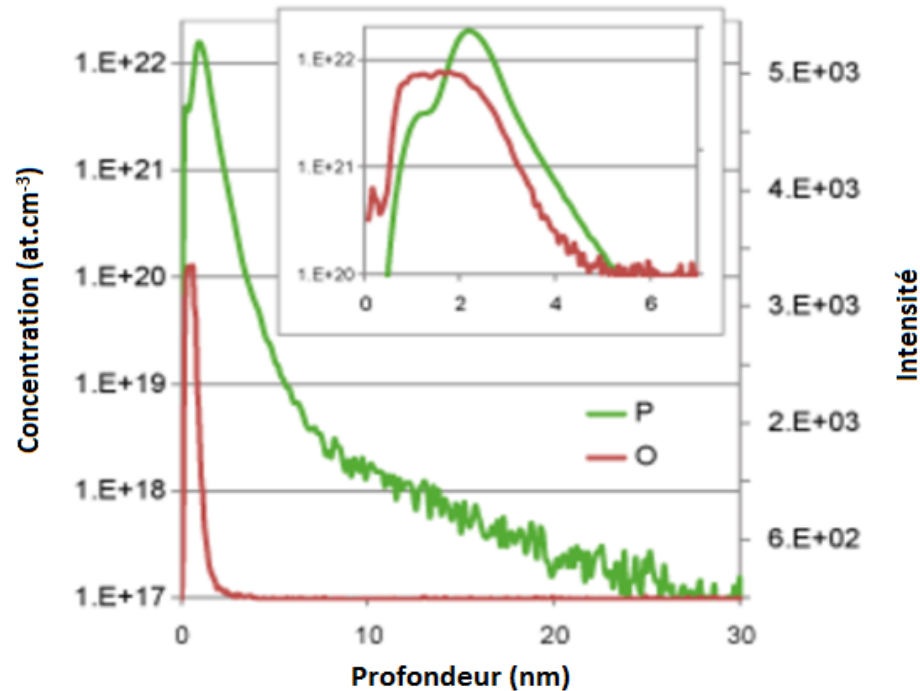


**Figure 2**  
(a, b) LVHR-SEM images of magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) particles. The images were taken at 1 kV with the UED detector. The images show the individual building blocks (5-10 nm) that make up the larger ~300-nm diameter particles.



**Figure 1**  
Schematic of the super hybrid lens in a scanning electron microscope.  
Key:  
ACL: aperture angle control lens  
LED: lower electron detector  
OL: objective lens  
SHL: super hybrid lens  
SRBED: solid-state retractable backscatter detector  
UED: upper electron detector  
USD: upper secondary detector

# COMPOSITION



Dopage très peu profond de phosphore implanté (500 eV) dans Si. Faisceau incident Cs<sup>+</sup> énergie 150 eV. En insert : agrandissement des premiers nm, couche de SiO<sub>2</sub> naturelle.

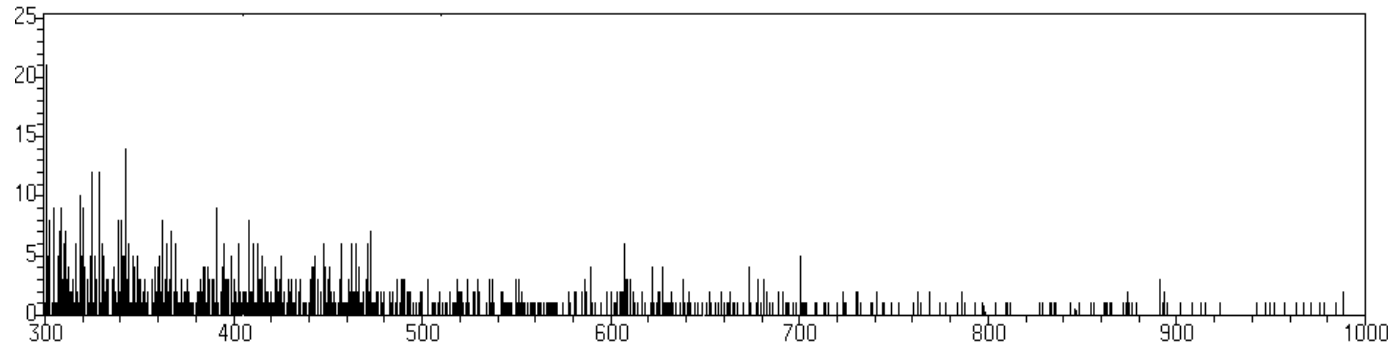
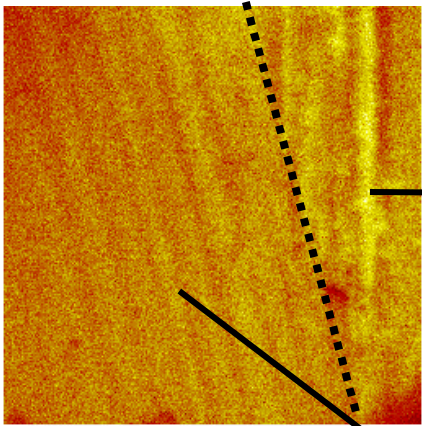
*[Aimablement communiquée par CAMECA, équipement EXLIE-SIMS]*

# Adsorption de lubrifiant sur différentes surfaces

Hexadécane + 1% d'acide stéarique (As)

*Surface oxydée*

**Aluminium**



*Surface activée*

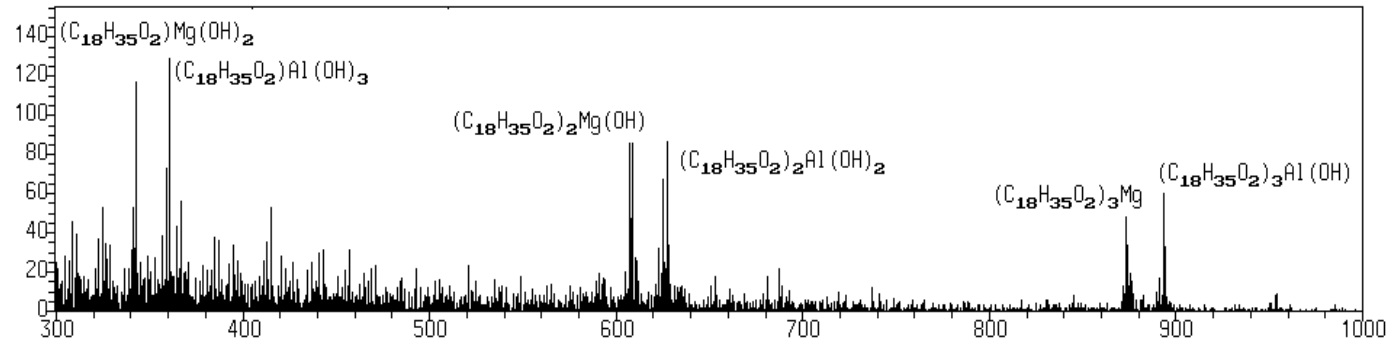
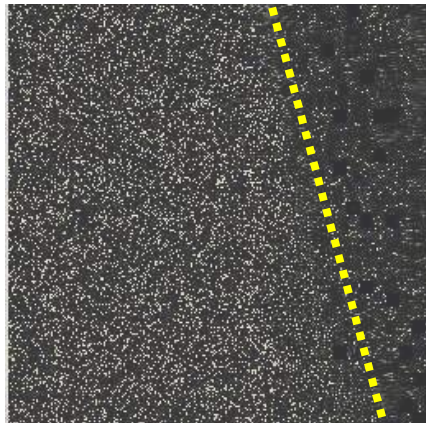
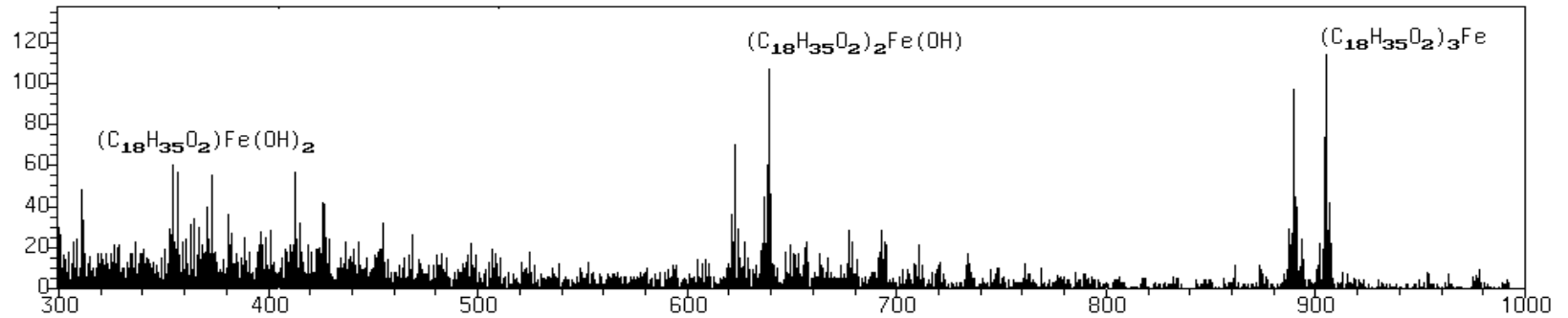


Image en ions carboxylates

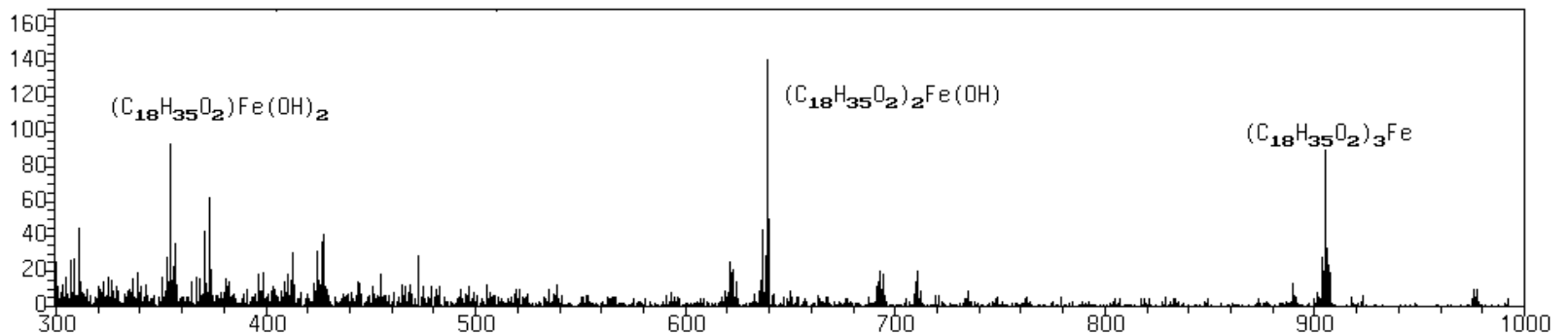
# Hexadécane + 1% d'acide stéarique

Acier

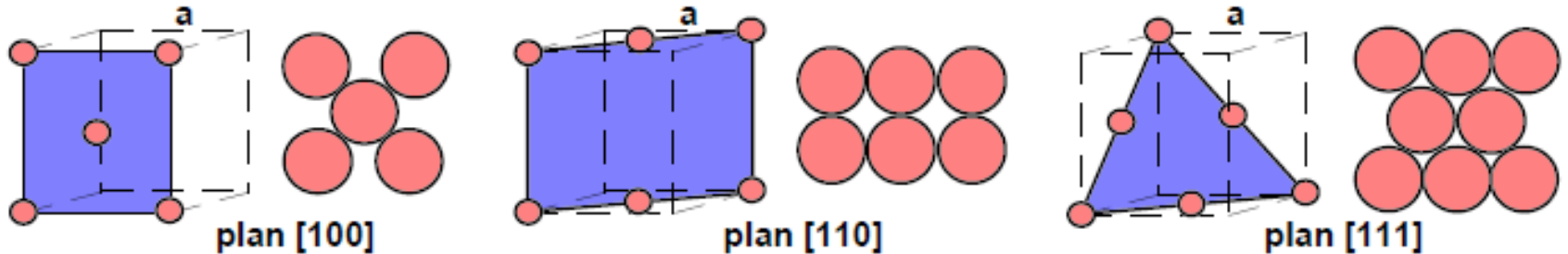
## *Surface oxydée*



## *Surface activée*



# ORIENTATION CRISTALLINE



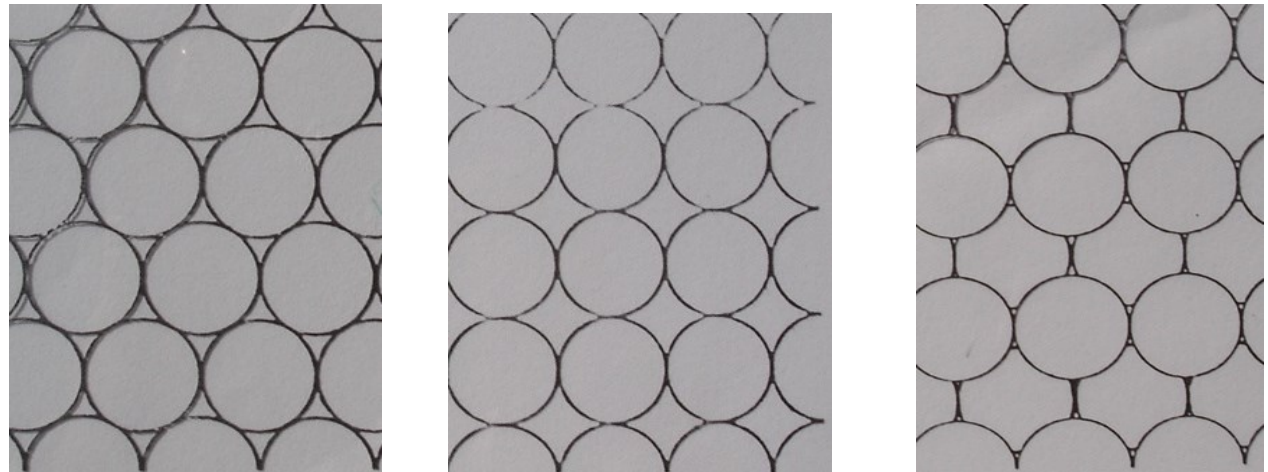
Arrangement possible des atomes dans un CFC

Pour une surface (100), le Nb de plus proche voisin est 6, pour (110) il est de 8 , pour (111) de 9

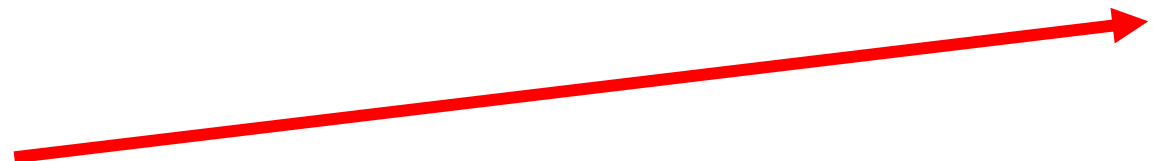
**D'où  $\gamma (111) < \gamma (110) < \gamma (100)$**

# Adsorption du soufre sur surfaces CFC

$\Delta H$  croît avec l'énergie de surface



$\Delta H$ (kJ/mole) / plans	(111)	(100)	(110)
S sur Au	- 351	- 359	- 393
S sur Ag	- 226	- 247	- 276



# Gravure du silicium, polymères

Réactivité plus importante sur les plans de plus fortes énergies de surface , exemple sur le silicium existence de différence dans la gravure chimique

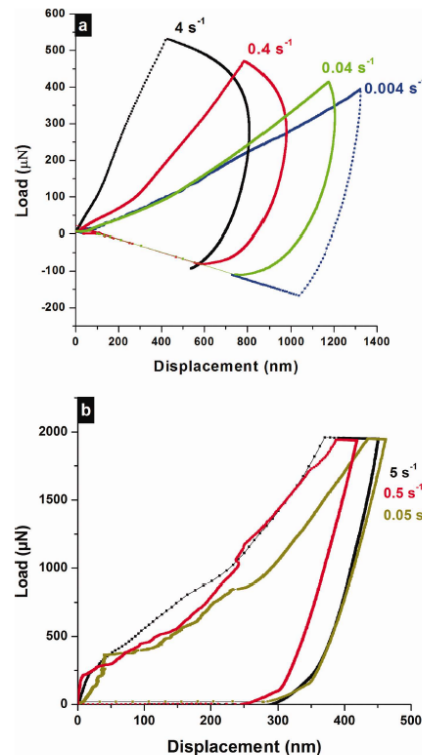
Plan cristallin du Si	Liaisons pendantes (atomes) par cellules N(M)	Aire de la cellule A, Å <sup>2</sup>	Atomes par unité de surface ×10 <sup>14</sup> cm <sup>-2</sup>	Liaisons pendantes par unité de surface N/A, Å <sup>-2</sup>	Energie par unité de surface eV.Å <sup>-2</sup>
Si(100)	2 (1 atome)	14,4	6,9	0,139	0,15
Si(110)	2 (2 atomes)	20,8	9,6	0,096	0,11
Si(111)	1 (2 atomes)	12,5	16	0,08	0,09

TAB. I.1 – La densités des liaisons pendantes, des atomes, l'énergie de surface estimée du silicium selon les plans cristallins (Dabrowski and Müssig, 2000).

Pour les polymères semi-cristallins , la zone amorphe est plus réactive

# PROPRIETES MECANIQUES

## Comportement colophane –cire d'abeille

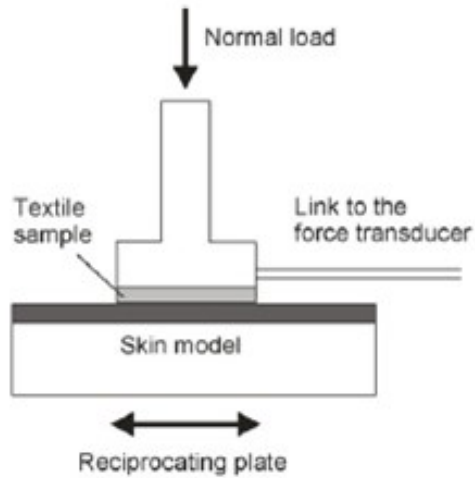
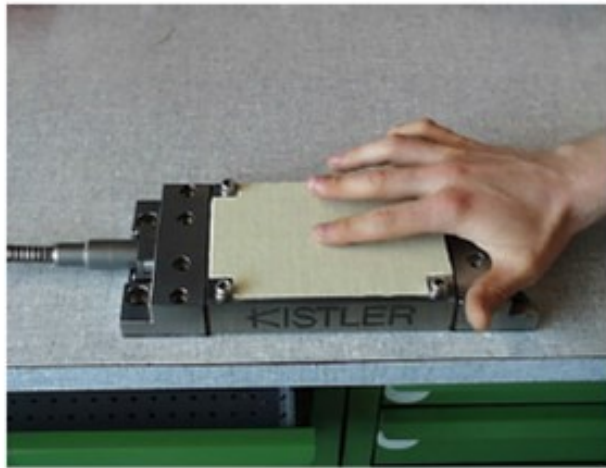


Comportement viscoplastique

Comportement de type fragile

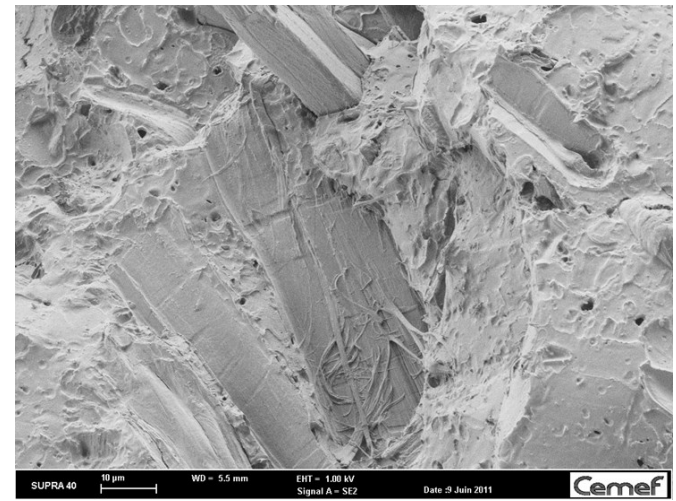
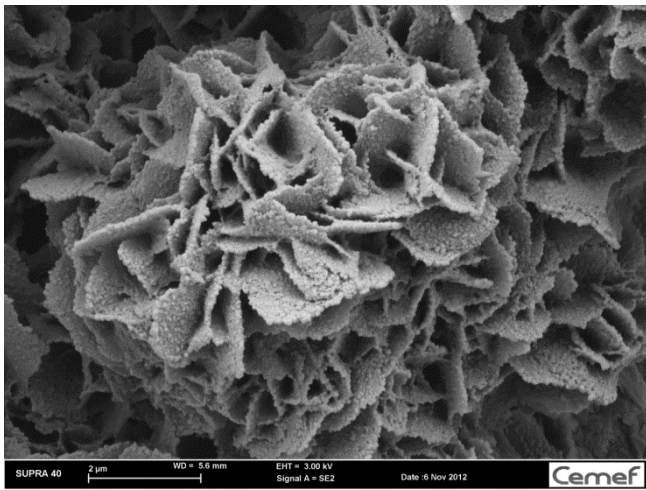
Figure 5. Nanoindentation curves obtained (a) for the 75 wt % for  $\dot{h}/h$  values equal to 4, 0.4, 0.04, and 0.004 s<sup>-1</sup> and (b) on pristine rosin for  $\dot{h}/h$  values equal to 5, 0.5, and 0.05 s<sup>-1</sup>. [Color figure can be viewed in the online issue, which is available at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com).]

# Frottement



2 mm

Measurement of friction coefficients between a finger and a flat textile sample (left) and simulation of touch experiments (middle) using a mechanical skin model (Lorica, right).



MERCI DE VOTRE ATTENTION  
Et merci à Suzanne Jacomet ( CEMEF)

